

**System application techniques using time synchronization**

Patent Number: US6370159  
Publication date: 2002-04-09  
Inventor(s): EIDSON JOHN C (US)  
Applicant(s): AGILENT TECHNOLOGIES INC (US)  
Requested Patent: DE19933753  
Application Number: US19980120402 19980722  
Priority Number(s): US19980120402 19980722  
IPC Classification: H04J3/06  
EC Classification: G06F1/14, H04J3/06C1  
Equivalents: GB2340356, JP2000148286

---

**Abstract**

---

A method and apparatus for accurately distributing traceable time values to a set of nodes in a system. Each node includes a slave clock that synchronizes a slave time value using a synchronization protocol. The system includes a traceable time source that generates a traceable time value and a master node having a master clock that synchronizes a master time value to the traceable time value and that distributes the master time value to the slave clocks via the communication link. The nodes may be distributed nodes or cards connected to a backplane

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

This Page (pto)

This Page Blank (uspto)

00P 14 738



87

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

② Offenlegungsschrift  
⑩ DE 199 33 753 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 06 F 1/12  
G 06 F 13/12  
// H04L 7/00

②① Aktenzeichen: 199 33 753.5  
②② Anmeldetag: 19. 7. 1999  
④③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 199 33 753 A 1

③① Unionspriorität:  
09/120,402 22. 07. 1998 US  
  
⑦① Anmelder:  
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US  
  
⑦④ Vertreter:  
Schoppe & Zimmermann, 81479 München

⑦② Erfinder:  
Eidson, John C., Palo Alto, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Zeitsynchronisierung verwendende Systemanwendungsverfahren

⑤⑦ Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum genauen Verteilen von verfolgbaren Zeitwerten zu einem Satz von Knoten in einem System. Jeder Knoten umfaßt einen Slave-Taktgeber, der einen Slave-Zeitwert unter Verwendung eines Synchronisierungsprotokolls synchronisiert. Das System umfaßt eine Verfolgbarzeitquelle, die einen verfolgbaren Zeitwert erzeugt, und einen Master-Knoten, der einen Master-Taktgeber aufweist, der einen Master-Zeitwert mit dem verfolgbaren Zeitwert synchronisiert, und der den Master-Zeitwert zu den Slave-Taktgebern über die Kommunikationsverbindung verteilt. Die Knoten können verteilte Knoten oder Karten sein, die mit einer Rückwandleiterplatte verbunden sind.

DE 199 33 753 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet von Systemen. Insbesondere bezieht sich diese Erfindung auf Systemanwendungsverfahren die eine Zeitsynchronisierungstechnologie verwenden.

Verteilte Steuersysteme sind im allgemeinen als eine Ansammlung von Knoten angeordnet, die durch eine oder mehrere Netzkommunikationsverbindungen miteinander verbunden sind. Diese Netzkommunikationsverbindungen können paketisierte Verbindungen, wie beispielsweise Ethernet, oder eine oder mehrere von einer Vielfalt von anderen paketisierten Verbindungen sein, die an verteilte Steuersystemanwendungen angepaßt sind.

Verteilte Steuersysteme profitieren im allgemeinen von der präzisen Zeitsteuerung bei den verteilten Knoten. Das US-Patent Nr. 5,566,180 von Eidson u. a. sieht ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Liefern einer präzisen Zeitsteuerung in verteilten Knoten durch Synchronisieren der lokalen Taktgeber in den verteilten Knoten vor. Bei vielen Anwendungen kann es wünschenswert sein, daß die Zeit, die von den verteilten Knoten gehalten wird, auf eine Standardzeit zurückverfolgbar ist. Dies kann bei Anwendungen nützlich sein, bei denen beispielsweise Ereignisse in den verteilten Knoten in Hinsicht auf ein spezielles Datum und/oder eine spezielle Tageszeit genau auftreten müssen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin ein System und ein Datenerfassungs- und Steuersystem zu schaffen, die ein genaues Verteilen von verfolgbaren Zeitwerten auf einen Satz von Knoten in einem System ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein System gemäß den Ansprüchen 1, 7, 10 und 13 und ein Datenerfassungs- und Steuersystem gemäß Anspruch 17 gelöst.

Es sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum genauen Verteilen von verfolgbaren Zeitwerten auf einen Satz von Knoten in einem System offenbart. Jeder Knoten umfaßt einen Slave-Taktgeber (Nebentaktgeber), der einen Slave-Zeitwert unter Verwendung eines Synchronisierungsprotokolls synchronisiert. Das System umfaßt eine Verfolgbarzeitquelle, die einen verfolgbaren Zeitwert erzeugt, und einen Master-Knoten (Hauptknoten), der einen Master-Taktgeber (Haupttaktgeber) aufweist, der einen Master-Zeitwert mit dem verfolgbaren Zeitwert synchronisiert, und der den Master-Zeitwert zu den Slave-Taktgebern über die Kommunikationsverbindung verteilt. Die Knoten können verteilte Knoten oder Karten sein, die mit einer Rückwandleiterplatte verbunden sind. Es ist ferner eine Vielfalt von Verfahren zum Verteilen der Informationen, die dem Synchronisierungsprotokoll zugeordnet sind, und eine Vielfalt von Anwendungen für die synchronisierte Zeitsteuerung in den Slave-Knoten offenbart.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein verteiltes System, das einen Master-Knoten, der verfolgbare Zeitwerte zu einem Satz von Knoten verteilt, umfaßt;

Fig. 2 einen Knoten mit einem Signalformgenerator, der eine Signalformperiode von dem Zähler in einem Slave-Taktgeber herleitet;

Fig. 3 einen Master-Taktgeber mit verfolgbarer Zeit bei einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 ein Verfahren zum Einführen einer verfolgbaren Zeit in ein System, das einen Satz von Computersystemen umfaßt;

Fig. 5 ein Verfahren zum Verwenden eines Synchronisierungsprotokolls um die Zeitwerte zu verteilen, die von ei-

nem unterschiedlichen Synchronisierungsprotokoll geliefert werden;

Fig. 6 ein Verfahren zum Verteilen von verfolgbaren Zeitwerten zu Knoten, die mit unterschiedlichen Teilnetzen von einem System verbunden sind;

Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel von einem Master/Slave-Taktgeber in einem Grenzknoten; und

Fig. 8 eine Taktgebersynchronisierung in einem Datenerfassungs- und Steuersystem, das einen Satz von Karten umfaßt, die mit einer Rückwandleiterplatte verbunden sind.

Fig. 1 zeigt ein verteiltes System 10, das einen Master-Knoten 14 umfaßt, der verfolgbare Zeitwerte zu einem Satz von Knoten 20-22 verteilt. Der Master-Knoten 14 und die Knoten 20-22 sind über eine Kommunikationsverbindung 12 untereinander verbunden. Der Master-Knoten 14 umfaßt einen Master-Taktgeber 18 und die Knoten 20-22 umfassen einen Satz von Slave-Taktgebern 30-32.

Der Master-Knoten 14 umfaßt eine Verfolgbarzeitquelle 16, die verfolgbare Zeitwerte erzeugt. Ein verfolgbarer Zeitwert kann als ein Zeitwert definiert sein, der von einer Standardzeit, wie beispielsweise der UTC-Zeit, die früher als Greenwich Mean Time (GMT) bekannt war, hergeleitet wird. Der Master-Taktgeber 18 umfaßt Vorrichtungen, die einen Master-Zeitwert, der in dem Master-Taktgeber 18 gehalten wird, mit den verfolgbaren Zeitwerten, die von der Verfolgbarzeitquelle 16 erhalten werden, synchronisiert.

Der Master-Taktgeber 18 und die Slave-Taktgeber 30-32 implementieren ein Synchronisierungsprotokoll 100. Gemäß dem Synchronisierungsprotokoll 100 tauschen der Master-Taktgeber 18 und die Slave-Taktgeber 30-32 Datenpakete über die Kommunikationsverbindung 12 aus, so daß sich die Slave-Taktgeber 30-32 mit dem Master-Zeitwert, der in dem Master-Taktgeber 18 gehalten wird, synchronisieren. Als eine Konsequenz sind verfolgbare Zeitwerte unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100 genau auf die Knoten 20-22 verteilt, da der Master-Zeitwert in dem Master-Taktgeber 18 mit den verfolgbaren Zeitwerten von der Verfolgbarzeitquelle 16 synchronisiert ist.

Bei einem Ausführungsbeispiel stellen das Synchronisierungsprotokoll 100 und die entsprechenden Vorrichtungen, die in dem Master-Taktgeber 18 und den Slave-Taktgebern 30 bis 32 implementiert sind, diejenigen dar, die in dem US-Patent Nr. 5,566,180 beschrieben sind. Beispielsweise kann jeder der Slave-Taktgeber 30-32 eine Schaltungsanordnung zum Einstellen des jeweiligen lokal gespeicherten Zeitwerts derselben umfassen, der auf Berechnungen der Sende- und Empfangszeit von Zeitdatenpaketen basiert, die über die Kommunikationsverbindung 12 übertragen werden. Die Einstellung von einem lokal gespeicherten Zeitwert kann durch Implementieren eines lokalen Taktgebers in jedem Slave-Taktgeber 30-32 als ein Zähler durchgeführt werden, der von einem Oszillator mit einer ausreichenden Stabilität betrieben wird. Die wenigen niedrigwertigen Bits des Zählers können als Addierer implementiert sein, so daß die Zunahme an Oszillatorperioden gelegentlich erhöht oder erniedrigt werden kann, um den lokalen Taktgeber gemäß den Resultaten der Berechnung effektiv zu beschleunigen oder zu verlangsamen.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Verfolgbarzeitquelle 16 ein Globalpositionssystem-(GPS-)Empfänger. Bei anderen Ausführungsbeispielen können andere Typen von Verfolgbarzeitquellen verwendet werden, was Rundfunkzeitquellen, wie beispielsweise WWV oder Atomuhren umfaßt.

Der Master-Knoten 14 und die Knoten 20-22 können von jedem Typ eines Knotens in dem verteilten System 10 sein. Beispielsweise können der Master-Knoten 14 und die Knoten 20-22 alle oder mehrere ein Sensorknoten, ein Betäti-

gerknoten, ein Anwendungssteuerknoten oder eine Kombination von diesen in einem verteilten Steuersystem sein. Der Master-Knoten 14 und die Knoten 20-22 können alle oder mehrere ein Computersystem, wie beispielsweise ein Personalcomputer, sein.

Die Kommunikationsverbindung 12 kann mit einer oder mehreren einer Vielfalt von Kommunikationsvorrichtungen implementiert sein. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Kommunikationsverbindung 12 ein Ethernet-Kommunikationsnetz. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Kommunikationsverbindung 12 ein LonTalk-Field-Level-Steuerbus, der für die Prozeßsteuerumgebung spezialisiert ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Kommunikationsverbindung 12 mit einem Zeitvielfachzugriff (TDMA; TDMA = Time Division Multiple Access) oder mit Token-Ring-Protokollen implementiert sein, um lediglich ein paar Möglichkeiten zu nennen.

Das Synchronisierungsprotokoll 100, mit oder ohne verfolgbare Zeit, kann verwendet werden um periodische, phasenkohärente Signale bei breit gestreuten Punkten, die den physischen Positionen der Knoten 20-22 entsprechen, zu liefern. Beispielsweise kann jeder der Knoten 20-22 einen Zeitplan implementieren, der die erwünschten Signalereignisse markiert. Jeder Knoten 20-22 vergleicht diese geplanten Zeiten mit den lokalen Zeiten, die von den entsprechenden Slave-Taktgebern 30-32 geliefert werden. Wenn eine geplante Ereigniszeit mit geeigneter Genauigkeit mit der lokalen Zeit übereinstimmt, dann wird ein geplantes Ereignis erzeugt. Die geplanten Ereignisse können Abtastereignisse sein, bei denen die Knoten 20-22 befestigte Sensoren umfassen. Die Knoten 20-22 können Signalformgeneratoren umfassen, wenn für Ereignisse analoge Signale benötigt werden. In solch einem Fall löst eine Übereinstimmung zwischen einer lokalen Zeit und einer Zeit eines geplanten Ereignisses einen Signalformgenerator aus.

Fig. 2 stellt den Knoten 20 mit einem Signalformgenerator dar, der eine Signalformperiode aus dem Zähler in dem Slave-Taktgeber 30 herleitet. Der Slave-Taktgeber 30 umfaßt einen Taktgebersynchronisierungsverrichtung 164. Die Taktgebersynchronisierungsverrichtung 164 erhält Zeitdatenpakete von der Kommunikationsverbindung 12 und synchronisiert einen Slave-Zeitwert in dem lokalen Taktgeber 162 unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100. Der lokale Taktgeber 162 liefert einen Slave-Zeitwert 184 zu einem Komparator 170. Der Komparator 170 vergleicht den Slave-Zeitwert 184 mit einer Ereigniszeit, die in einem Register 168 gehalten wird. Die Ereigniszeit wird durch eine Berechnungsvorrichtung 166 geliefert. Wenn der Slave-Zeitwert 184 mit der Ereigniszeit in dem Register 168 übereinstimmt, löst der Komparator 170 einen periodischen Signalgenerator 172 aus, der eine Signalform 180 erzeugt.

Die Periode der Signalform 180 wird durch einen Satz von Signalen 182 von dem lokalen Taktgeber 162 gesteuert. Der lokale Taktgeber 162 umfaßt einen Zählerabschnitt und einen Taktgebereinstellabschnitt. Vorzugsweise liefern die Signale 182 Bits von dem Zählerabschnitt des lokalen Taktgebers 162, die höherwertiger als die Bits niedriger Ordnung des lokalen Taktgebers 162 sind, die für den Taktgebereinstellabschnitt verwendet werden. Der periodische Signalgenerator 172 kann unter Verwendung einer digitalen Phasenschleife, die von dem Signal 182 getrieben wird, oder unter Verwendung anderer gut bekannter Verfahren implementiert sein.

Das Synchronisierungsprotokoll 100, mit oder ohne verfolgbare Zeit, kann verwendet werden, um die Basis für die Zeitvielfachzugriff-(TDMA-)Kommunikation oder andere

zeitlich gegenseitig ausschließende Kommunikationsprotokolle unter dem Master-Knoten 14 und den Knoten 20-22 zu liefern. Dem Master-Knoten 14 und jedem Knoten 20-22 können Zeitschlitz zugeteilt sein, deren Grenzen Ereignisauslöser für die TDMA-Kommunikation liefern. Die Ereignisauslösesverfahren, die oben beschrieben sind, können verwendet werden, um eine Zeitschlitzkommunikation in der Kommunikationsverbindung 12 in sowohl dem Master-Knoten 14 als auch dem Knoten 20-22 auszulösen.

Das Synchronisierungsprotokoll 100, mit oder ohne verfolgbare Zeit, kann verwendet werden, um eine genaue Zeitbasis für eine Datenerfassungs- und -steuerung in dem System 10 vorzusehen. Die Verfahren zum Liefern von phasenkohärenten Signalen in den Master-Knoten 14 und den Knoten 20-22, die oben offenbart wurden, ermöglichen die Einrichtung einer periodischen Zeitbasis für die Datenerfassung und -steuerung. Die Erzeugung von diesem phasenkohärenten Signal kann verwendet werden, um die Basis für eine Klasse von Überwachungssteuerungs- und Datenerfassungssystemen (SCADA; SCADA = supervisory control and data acquisition) zu bilden.

Die oben offenbarten Verfahren zum Liefern von phasenkohärenten Signalen ermöglichen es, die Zeitfunktion auf die tatsächlichen Messungs- oder Steuerknoten zu verteilen. Dies sieht eine verbesserte Genauigkeit, Stabilität und Flexibilität vor. Als ein Beispiel für Flexibilität können unterschiedliche Abschnitte von einem SCADA-System unter Verwendung der Verfahren, die hierin offenbart sind, konfiguriert sein, um mit unterschiedlichen periodischen oder geplanten Frequenzen ohne jeglichen Konflikt von Betriebsmitteln (Ressourcen) zu laufen. Dies ist im Gegensatz zu früheren zentralisierten Systemen, bei denen die Verwaltung von zwei oder mehreren Prozessen mit unterschiedlicher Periodizität im allgemeinen eine Betriebsmittelkonkurrenz in den Anwendungen erzeugt. Dies kann Zeitjitter in den gesteuerten Prozessen bewirken.

Ein verteiltes System, das "Zeitsteuertakte" unter Verwendung der vorliegenden Verfahren zum Liefern von phasenkohärenten Signalen erzeugt, ist genauer als bekannte Systeme. Zusätzlich ist ein solches System robuster derart, daß das Synchronisierungsprotokoll 100 dazu tendiert, die lokalen Taktgeber selbst angesichts verllorener Zeitdatenpakete, synchron zu halten. Das Synchronisierungsprotokoll 100 verbraucht ferner im Vergleich zu bekannten Systemen minimale Mengen der Netzbandbreite.

Fig. 3 stellt den Master-Taktgeber 18 in einem Ausführungsbeispiel dar. Der Master-Taktgeber 18 umfaßt eine Berechnungsvorrichtung 40, einen Zeitstempel-Latch 42, einen einstellbaren Taktgeber 44, einen Zeitstempel-Latch 46 und einen Zeitpaketerkenner 48. Die gezeigte Anordnung bewirkt, daß der Zeitwert in dem einstellbaren Taktgeber 44 durch die Verfolgbarzeitquelle 16 gesteuert wird, und bewirkt, daß die Zeitwerte, die in den Slave-Taktgebern 30-32 gehalten werden, von dem Zeitwert in dem einstellbaren Taktgeber 44 gesteuert werden.

Die Verfolgbarzeitquelle 16 erzeugt einen aktualisierten verfolgbar Zeitwert 50 und einen Satz von Pulsen 52, die bei einem Ausführungsbeispiel einmal pro Sekunde auftreten. Die Pulse 52 bewirken, daß das Zeitstempel-Latch 42 Zeitwerte von dem einstellbaren Taktgeber 44 fortwährend zwischenspeichert. Die Berechnungsvorrichtung 40 vergleicht den aktualisierten verfolgbar Zeitwert 50 mit den Zeitwerten von dem Zeitstempel-Latch 42 und gibt einen Satz von Taktgebereinstellsignalen 54 aus, die bewirken, daß der einstellbare Taktgeber 44 sich hin zu dem aktualisierten verfolgbar Zeitwert 50 bewegt und schließlich mit demselben übereinstimmt.

Die Berechnungsvorrichtung 40 gibt die Taktgeberein-

stellensignale 54 aus, um zu bewirken, daß der einstellbare Taktgeber 44 entweder beschleunigt, sich verlangsamt, die Rate beibehält oder einen neuen Zeitwert neu lädt. Bei einem Ausführungsbeispiel ist der einstellbare Taktgeber 44 als ein Zähler implementiert, der von einem Oszillator mit einem Addierer, der entweder 0, 1 oder 2 zu dem Zähler während jeder Periode des Oszillators addiert, getrieben wird. Wenn der Zeitwert, der in dem Zeitstempel-Latch 42 gehalten ist, kleiner als der aktualisierte verfolgbare Zeitwert 50 ist, dann gibt die Berechnungsvorrichtung 40 die Taktgebereinstellensignale 54 aus, um zu bewirken, daß eine 2 zu dem Zähler des einstellbaren Taktgebers 44 addiert wird. Wenn der Zeitwert, der in dem Zeitstempel-Latch 42 gehalten wird, dem aktualisierten verfolgbaren Zeitwert 50 gleicht, dann gibt die Berechnungsvorrichtung 40 die Taktgebereinstellensignale 54 aus, um zu bewirken, daß eine 1 zu dem Zähler des einstellbaren Taktgebers 44 addiert wird. Wenn der Zeitwert, der in dem Zeitstempel-Latch 42 gehalten wird, größer als der aktualisierte verfolgbare Zeitwert 50 ist, dann gibt die Berechnungsvorrichtung 40 die Taktgebereinstellensignale 54 aus, um zu bewirken, daß eine 0 zu dem Zähler des einstellbaren Taktgebers 44 addiert wird. Wenn der Unterschied zwischen dem Zeitwert, der in dem Zeitstempel-Latch 42 gehalten wird, und dem aktualisierten verfolgbaren Zeitwert 50 größer als ein vorbestimmter Zeitwert ist, dann verwendet die Berechnungsvorrichtung 40 das Taktgebereinstellsignal 54, um den einstellbaren Taktgeber 44 neu zu laden.

Das Zeitstempel-Latch 46 erhält Zeitwerte von dem einstellbaren Taktgeber 44. Als Antwort erzeugt der Zeitpaketkenner 48 Zeitdatenpakete und überträgt diese über die Kommunikationsverbindung 12, um zu bewirken, daß sich die Slave-Taktgeber 30-32 mit dem Zeitwert, der in dem Zeitstempel-Latch 46 gehalten wird, synchronisieren. Dies ist in Übereinstimmung mit dem Synchronisierungsprotokoll 100.

Fig. 4 stellt ein Verfahren zum Einführen einer verfolgbaren Zeit in ein System 70 dar, das einen Satz von Computersystemen 60-62 umfaßt, die an einem Synchronisierungsprotokoll 72 teilnehmen, das sich von dem Synchronisierungsprotokoll 100 unterscheidet. Bei einem Ausführungsbeispiel stellt das Synchronisierungsprotokoll 72, das durch die Computersysteme 60-62 implementiert ist, das Netzwerkzeitprotokoll (NTP; NTP = network time protocol) dar.

Die Computersysteme 60-62 können Personalcomputer, Workstations oder eine Kombination derselben sein. Entsprechend dem NTP tauschen die Computersysteme 60-62 periodisch Nachrichten, die die lokale Systemtaktgeberzeit enthalten, über eine Kommunikationsverbindung 64 aus. Als Antwort stellt jedes Computersystem 60-62 den Systemtaktgeber desselben ein. Schließlich konvergieren die Systemtaktgeber in den Computersystemen 60-62.

Das Computersystem 60 implementiert nicht nur das NTP-Protokoll, sondern umfaßt ferner einen Slave-Taktgeber 66, der dasselbe mit den verfolgbaren Zeitwerten synchronisiert, die von dem Master-Taktgeber 18 unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100 verteilt werden. Die Softwareschichten des NTP-Protokolls in dem Computersystem 60 erhalten Zeitwerte von dem Slave-Taktgeber 66 und nicht von dem Systemtaktgeber des Computersystems 60. Zusätzlich bleibt der Slave-Taktgeber 66 zu dem Master-Taktgeber 18 synchronisiert und derselbe konvergiert nicht mit dem NTP-Protokoll, so wie es die Systemtaktgeber der Computersysteme 61-62 tun. Folglich konvergieren die Systemtaktgeber der Computersysteme 61-62 schließlich in dem Zeitwert in dem Slave-Taktgeber 66, der die verfolgbare Zeit darstellt.

Der Slave-Taktgeber 66 kann auf einer standardisierten

Schnittstellenkarte für das Computersystem 60 implementiert sein. Dieselbe Schnittstellenkarte kann sowohl den Slave-Taktgeber 66 als auch die Elemente enthalten, die für eine Kommunikation in der Kommunikationsverbindung 64 benötigt werden. Zum Beispiel kann eine Schnittstellenkarte den Slave-Taktgeber 66 und eine Ethernet-Schnittstelle enthalten, falls die Kommunikationsverbindung 64 eine Ethernet-Kommunikationsverbindung ist.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Master-Knoten 14 ein Computersystem, wie beispielsweise ein Personalcomputer oder eine Workstation (Arbeitsplatzrechner). Bei einem solchen Ausführungsbeispiel kann der Hostprozessor des Master-Knotens 14 die Funktionen durchführen, die der Berechnungsvorrichtung 40 zugeordnet sind.

Fig. 5 stellt ein Verfahren zum Verwenden des Synchronisierungsprotokolls 100 dar, um die Zeitwerte, die mit dem Synchronisierungsprotokoll 72 erhalten werden, zu verteilen. Ein System 80 ist gezeigt, das einen Satz von Computersystemen 90-92 umfaßt, die an dem Synchronisierungsprotokoll 72 teilnehmen, das ein NTP über eine Kommunikationsverbindung 82 sein kann. Das Computersystem 90 umfaßt einen Master-Taktgeber 86, der an dem Synchronisierungsprotokoll 100 über die Kommunikationsverbindung 82 teilnimmt, wobei ein Knoten 84 einen Slave-Taktgeber 88 aufweist. Das Computersystem 90 erhält einen Zeitwert von dem Systemtaktgeber desselben und liefert denselben zu dem Master-Taktgeber 86. Der Master-Taktgeber 86 verteilt diesen Zeitwert unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100 zu dem Slave-Taktgeber 88.

Der Master-Taktgeber 86 kann auf einer standardisierten Schnittstellenkarte für das Computersystem 90 implementiert sein. Dieselbe Schnittstellenkarte kann sowohl den Master-Taktgeber 86 als auch die Elemente enthalten, die für eine Kommunikation in der Kommunikationsverbindung 82 benötigt werden. Der Hostrechner des Computersystems 90 kann die Funktionen durchführen, die der Berechnungsvorrichtung des Master-Taktgebers 86 zugeordnet sind. Alternativ kann der Master-Taktgeber 86 eine Berechnungsvorrichtung enthalten, die Systemzeitwerte von dem Hostprozessor des Computersystems 90 erhält.

Fig. 6 zeigt ein Verfahren für das Verteilen von verfolgbaren Zeitwerten zu Knoten, die mit unterschiedlichen Teilnetzen von einem System 150 verbunden sind. Ein Teilnetz von dem System 150 umfaßt einen Satz von Knoten 120-122, der mit einer Kommunikationsverbindung 110 gekoppelt ist, und ein weiteres Teilnetz von dem System 150 umfaßt einen Satz von Knoten 130-132, die mit einer Kommunikationsverbindung 112 gekoppelt sind.

Verfolgbare Zeitwerte werden in das System 150 unter Verwendung eines Master-Knotens 140, der eine Verfolgbarzeitquelle 144 und einen Master-Taktgeber 146 umfaßt, eingeführt. Die Verfolgbarzeitquelle 144 liefert verfolgbare Zeitwerte zu dem Master-Taktgeber 146, und der Master-Taktgeber 146 verteilt die verfolgbaren Zeitwerte zu einem Satz von Slave-Taktgebern 140-142 in den Knoten 120-122 unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100.

Das System 150 umfaßt einen Grenzknoten 142, der zwischen die Kommunikationsverbindungen 110-112 gekoppelt ist. Der Grenzknoten 142 umfaßt einen Master/Slave-Taktgeber 152. Der Master/Slave-Taktgeber 152 verhält sich wie ein Slave-Taktgeber, dahingehend, daß derselbe sich mit den verfolgbaren Zeitwerten synchronisiert, die durch den Master-Taktgeber 146 über die Kommunikationsverbindung 110 verteilt werden. Zusätzlich verhält sich der Master/Slave-Taktgeber 152 wie ein Master-Taktgeber, dahingehend, daß derselbe seinerseits die verfolgbaren Zeitwerte zu einem Satz von Slave-Taktgebern 150-152 in den Knoten 130-132 über die Kommunikationsverbindung 112

verteilt.

Fig. 7 stellt ein Ausführungsbeispiel des Master/Slave-Taktgebers 152 dar. Der Master/Slave-Taktgeber 152 umfaßt zusammen mit einem einstellbaren Taktgeber 254 einen Zeitpaketerkenner 250 und ein Latch 252 für die Slave-Seite der Kommunikationsverbindung 110 und einen Zeitpaketerkenner 258 und ein Latch 256 für die Master-Seite auf der Kommunikationsverbindung 112. Eine Berechnungsvorrichtung 260 führt die Berechnungen sowohl für die Master- als auch die Slave-Seite des Master/Slave-Taktgebers 152 durch.

Der Betrieb der Slave-Seite des Master/Slave-Taktgebers 152 ist wie folgt. Der Master-Taktgeber 146 überträgt ein Zeitdatenpaket (ein Zeitereignis) über die Kommunikationsverbindung 110 und überträgt dann ein Datenpaket, das einen verfolgbaren Zeitwert für das Zeitereignis (die Zusatzinformation für das Zeitereignis) enthält, über die Kommunikationsverbindung 110. Als Antwort auf das Zeitereignis bewirkt der Zeitpaketerkenner 250, daß das Latch 252 die lokale Zeit in dem einstellbaren Taktgeber 254 zwischen speichert. Die Berechnungsvorrichtung 260 empfängt die Zusatzinformation und berechnet den Unterschied zwischen dem Zeitwert in dem Latch 252 und dem verfolgbaren Zeitwert aus der Zusatzinformation und stellt dann den einstellbaren Taktgeber 254 demgemäß ein. Dies bewirkt, daß sich der einstellbare Taktgeber 254 zu den verfolgbaren Zeitwerten, die durch den Master-Taktgeber 146 verteilt werden, synchronisiert.

Der Betrieb der Master-Seite des Master/Slave-Taktgebers 152 ist wie folgt. Die Berechnungsvorrichtung 260 erzeugt periodisch ein Zeitdatenpaket und überträgt dasselbe über die Kommunikationsverbindung 112 zu den Slave-Taktgebern 150-152. Als Antwort auf ein Zeitdatenpaket bewirkt der Zeitpaketerkenner 258, daß das Latch 256 die lokale Zeit in dem einstellbaren Taktgeber 254 zwischen speichert. Die Berechnungsvorrichtung 260 erhält dann den zwischengespeicherten Zeitwert von dem Latch 256 und überträgt denselben als Zusatzinformationen über die Kommunikationsverbindung 112 zu den Slave-Taktgebern 150-152. Dies ermöglicht, daß sich die Berechnungsvorrichtungen in den Slave-Taktgebern 150-152 zu den verfolgbaren Zeitwerten des einstellbaren Taktgebers 254 synchronisieren. Zum Beispiel verwendet der Slave-Taktgeber 150 den Unterschied zwischen seiner Empfangszeit eines Zeitdatenpakets und dem verfolgbaren Zeitwert, der von der entsprechenden Zusatzinformation geliefert wird, um den lokalen, einstellbaren Taktgeber desselben einzustellen.

Die Berechnungsvorrichtung 260 kann als Antwort auf die Informationen, die von den Taktgebern, die an jeder Kommunikationsverbindung 110-112 befestigt sind, geliefert werden, eine Bestimmung davon liefern, welches die Master-Seite und welches die Slave-Seite des Master/Slave-Taktgebers 152 ist. Diese Informationen können die Genauigkeit der Taktgeber dahingehend umfassen, ob ein Taktgeber verfolgbare Zeitwerte entweder direkt oder als ein Slave zu einer Verfolgbarzeitquelle liefert, und ob Taktgeber selbst zweiseitige Taktgeber von einem Grenzknoten darstellen.

Ein Master/Slave-Taktgeber in einem Grenzknoten hat im allgemeinen eine Slave-Seite und n Master-Seiten zum Verbinden von bis zu n zusätzlichen Teilnetzen. Jede Slave-Seite und jede der n Master-Seiten weisen entsprechende Zeitpaketerkenner und Latches auf, und dieselbe Berechnungsvorrichtung kann unter diesen geteilt werden. Die Slave-Seite stellt in dem Teilnetz ein Slave dar, das die beste Zeitquelle gemäß einem vorausgewählten Kriterium, wie beispielsweise der Genauigkeit oder jedem der anderen Kriterien, die oben dargestellt sind, aufweist.

Fig. 8 zeigt ein Datenerfassungs- und Steuersystem 200,

das einen Satz von Karten 210-213 umfaßt, die mit einer Rückwandleiterplatte 202 verbunden sind. Die Karten 210-213 umfassen jeweils eine Schaltungsanordnung zum Liefern von synchronisierten Takten unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls 100 und umfassen eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von phasenkohärenten Signalen unter Verwendung der Verfahren, die oben skizziert sind.

Das Synchronisierungsprotokoll 100 erfordert, daß zwei Grundtypen von Informationen zwischen den Karten 210-213 kommuniziert werden. Die Grundtypen sind ein Zeitereignis und ein Satz von Zusatzinformationen, der dem Zeitereignis zugeordnet ist. Zum Beispiel ist ein Zeitdatenpaket ein Zeitereignis. Falls eine verfolgbare Zeit von einer GPS-Quelle geliefert wird, dann treten Zeitdatenpakete normalerweise einmal pro Sekunde auf.

Die Zusatzinformation für ein Zeitereignis ist eine Interpretation des Zeitereignisses. Wenn beispielsweise ein Zeitereignis einer GPS-Quelle zugeordnet ist, dann ist die Zusatzinformation für das Zeitereignis die UTC-Zeit, bei der das Zeitereignis erzeugt wurde. Wenn ein Zeitereignis einem Master-Taktgeber zugeordnet ist, dann ist die Zusatzinformation für das Zeitereignis die Zeit, bei der der Knoten, der den Master-Taktgeber aufweist, das Zeitereignis erzeugt hat.

Die Karten 210-213 kommunizieren Zeitereignisse unter Verwendung eines Satzes von Kommunikationsverbindungen 220-223, der als eine Prioritätsverkettung (Daisy Chain) angeordnet ist. Jede der Karten 210-213 umfaßt ein Prioritätsverkettungseingangstor (IN) und ein Prioritätsverkettungsausgangstor (OUT). Jede der Karten 210-213 empfängt Zeitereignisse an dem IN-Tor derselben und gibt Zeitereignisse an dem OUT-Tor derselben aus. Wenn eine Karte keine Zeitereignisse an dem IN-Tor derselben erfährt, dann kann angenommen werden, daß dieselbe der Master des Datenerfassungs- und Steuersystems 200 ist. Alternativ kann der Master des Datenerfassungs- und Steuersystems 200 durch einen Hostprozessor konfiguriert sein, der mit der Rückwandleiterplatte 202 verbunden ist. Diejenige der Karten 210-213, die der Master ist, gibt Zeitereignisse mit einer geeigneten Rate aus. Jede der verbleibenden dieser Karten 210-213, die eine Slave-Karte ist, leitet jedes Zeitereignis von dem IN-Tor derselben zu dem OUT-Tor derselben ohne wesentliche Verzögerung weiter.

Bei einem Ausführungsbeispiel sind die Kommunikationsverbindungen 220-223 Signalleitungen. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die Kommunikationsverbindungen 220-223 Faseroptikverbindungen. Die Karten 210-223 können LEDs und Photodioden umfassen, so daß, wenn jede Karte 210-223 in die Rückwandleiterplatte 202 eingesetzt ist, eine Prioritätsverkettungseingangs- und eine Prioritätsverkettungsausgangsverbindung gebildet wird. Bei anderen Ausführungsbeispielen können die Kommunikationsverbindungen 220-223 RS232-Verbindungen oder Netzkommunikationsverbindungen, wie beispielsweise Ethernet-Verbindungen, sein.

Diejenige der Karten 210-213, die den Master-Taktgeber aufweist, erzeugt die Zusatzinformationen und kann als die Masterkarte bezeichnet werden. Der Rest der Karten 210-213 empfängt die Zusatzinformationen und kann als Slave-Karten bezeichnet werden. Bei einem Ausführungsbeispiel kommunizieren die Karten 210-213 die Zusatzinformationen unter Verwendung von Kommunikationswegen auf der Rückwandleiterplatte 202, da die Zusatzinformationen weniger zeitkritisch als die Zeitereignisse sind und daher die Verzögerungen, die der Kommunikation in der Rückwandleiterplatte 202 zugeordnet sind, tolerierbar sein können. Dieses Ausführungsbeispiel ermöglicht einfache



und preiswerte Implementationen der Kommunikationsverbindungen 220-223. Zum Beispiel können die Kommunikationsverbindungen 220-223 Signalleitungen sein, die CMOS-Signale mit Kommunikations-Zeitereignissen tragen.

Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kommunizieren die Karten 210-213 die Zusatzinformationen unter Verwendung der Kommunikationsverbindungen 220-223. Dieses Ausführungsbeispiel kann erfordern, daß die Kommunikationsverbindungen 220-223 in einer etwas komplexeren Weise implementiert werden. Zum Beispiel können Informationen in den Kommunikationsverbindungen 220-223 unter Verwendung eines Signalpakets getragen werden. Ein Start eines Rahmenabschnitts des Signalpakets kann das Zeitereignis anzeigen, und die Zusatzinformationen können in dem Rest des Signalpakets codiert sein. Eine weitere Möglichkeit ist eine RS232-Implementation der Kommunikationsverbindungen 220-223.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Karte 213 die Masterkarte, die einen Master-Taktgeber umfaßt, der Zeitwerte zu den Slave-Taktgebern in den Karten 210-212 und zu Slave-Taktgebern in den Knoten, die mit einer Kommunikationsverbindung 204 verbunden sind, verteilt. Diese Zeitwerte können von einem Hostprozessor erhalten werden, der mit der Rückwandleiterplatte 202 verbunden ist, die das NTP-Protokoll implementiert.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel umfaßt die Karte 213 einen Master-Taktgeber, der Zeitwerte zu Slave-Taktgebern in den Karten 210-212 verteilt, und umfaßt einen Slave-Taktgeber, der sich zu einem Master-Taktgeber in einem Knoten, der mit der Kommunikationsverbindung 204 verbunden ist, synchronisiert. Der Knoten, der mit der Kommunikationsverbindung 204 verbunden ist und den Master-Taktgeber aufweist, kann eine Verfolgbarzeitquelle, wie beispielsweise GPS, wie oben beschrieben wurde, umfassen. Die Kommunikationsverbindung 204 kann eine Netzkommunikationsverbindung 204 wie beispielsweise Ethernet sein. Die Karte 213 kann ferner als ein Tor zu der Kommunikationsverbindung 204 für einen Hostprozessor, der mit der Rückwandleiterplatte 202 verbunden ist, dienen.

Die Berechnungen, die für das Synchronisierungsprotokoll 100 benötigt werden, können durch eine Berechnungsschaltungsanordnung durchgeführt werden, die auf den Karten 210-213 implementiert ist. Alternativ können die Berechnungen, die für das Synchronisierungsprotokoll 100 benötigt werden, von einem Hostprozessor durchgeführt werden, der mit der Rückwandleiterplatte 202 verbunden ist.

Die Rückwandleiterplatte 202 kann die eines Personalcomputers, einer Workstation oder eines spezialisierten Systems sein. Die Rückwandleiterplatte 202 kann eine standardmäßige Rückwandleiterplatte wie beispielsweise PCI, VME oder ISA sein, um einige wenige Beispiele zu nennen.

Eine Kommunikationsverbindung für das Kommunizieren der Zeitereignisse und der Zusatzinformationen für das Synchronisierungsprotokoll 100 kann als eine zusätzliche Leiterbahn auf der Rückwandleiterplatte 202 implementiert sein. Jedoch kann dies eine Modifikation eines bestehenden Rückwandleiterplattenstandards erfordern, was nicht praktisch sein kann. Zusätzlich kann die Kommunikationsverbindung zum Kommunizieren der Zeitereignisse und der Zusatzinformationen ein paketisiertes Netz, wie beispielsweise Ethernet, sein, das mit jeder der Karten 210-213 verbunden ist. Dies kann zu teuer sein, um ein Rückwandleiterplattensystem zu implementieren.

#### Patentansprüche

1. System, mit folgenden Merkmalen:

einem Satz von Knoten (20-22), die mit einer Kommunikationsverbindung (12) gekoppelt sind, und die jeweils einen Nebentaktgeber (30-32) aufweisen, der einen Nebenzeitwert unter Verwendung eines Synchronisierungsprotokolls (100) synchronisiert; einer Verfolgbarzeitquelle (16), die einen verfolgbaren Zeitwert erzeugt;

einem Hauptknoten (14), der mit der Kommunikationsverbindung (12) gekoppelt ist, und der einen Haupttaktgeber (18) aufweist, der einen Hauptzeitwert mit dem verfolgbaren Zeitwert synchronisiert, und der den Hauptzeitwert zu den Nebentaktgebern (30-32) über die Kommunikationsverbindung (12) unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls (100) verteilt.

2. System gemäß Anspruch 1, bei dem die Verfolgbarzeitquelle (16) in dem Hauptknoten (14) enthalten ist.

3. System gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die Verfolgbarzeitquelle (16) ein GPS-Empfänger ist.

4. System gemäß Anspruch 1, das ferner ein Computersystem (60) aufweist, das mit der Kommunikationsverbindung (64) gekoppelt ist, und das einen Nebentaktgeber (66) aufweist, der sich mit dem Hauptzeitwert über die Kommunikationsverbindung (64) unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls (100) synchronisiert, wobei das Computersystem (60) einen Satz von Software zum Synchronisieren eines Systemtaktgebers des Computersystems (60) mit einem Satz von anderen Systemtaktgebern in einem Satz von anderen Computersystemen (61-62) ausführt, die mit der Kommunikationsverbindung (64) gekoppelt sind, derart, daß das Computersystem (60) einen Zeitwert von dem Nebentaktgeber (66) für einen Zeitwert in dem Systemtaktgeber zur Verwendung beim Synchronisieren der anderen Systemtaktgeber in den anderen Computersystemen (61-62) einsetzt.

5. System gemäß Anspruch 4, bei dem die Kommunikationsverbindung (64) eine Kommunikation unter Verwendung eines paketisierten Netzkommunikationsprotokolls ermöglicht.

6. System gemäß Anspruch 5, bei dem sowohl der Nebentaktgeber (66) des Computersystems (60) als auch die Schaltungsanordnung für das paketisierte Netzkommunikationsprotokoll auf einer Schnittstellenkarte für das Computersystem implementiert sind.

7. System, mit folgenden Merkmalen:

einem Satz von Knoten, die mit einer Kommunikationsverbindung (12) gekoppelt sind, und die jeweils einen Nebentaktgeber (66) aufweisen, der einen Nebenzeitwert unter Verwendung eines Synchronisierungsprotokolls (100) synchronisiert;

einem Computersystem (90), das mit der Kommunikationsverbindung (82) gekoppelt ist, und das einen Satz von Software zum Synchronisieren eines Systemtaktgebers des Computersystems (90) mit einem Satz von anderen Systemtaktgebern in einem Satz von anderen Computersystemen, die mit der Kommunikationsverbindung (82) gekoppelt sind, synchronisiert, wobei das Computersystem (90) einen Haupttaktgeber (86) aufweist, der einen Hauptzeitwert mit dem Systemtaktgeber synchronisiert und der den Hauptzeitwert zu den Nebentaktgebern (88) über die Kommunikationsverbindung (82) unter Verwendung des Synchronisierungsprotokolls (100) verteilt.

8. System gemäß Anspruch 7, bei dem die Kommunikationsverbindung (82) unter Verwendung eines paketisierten Netzkommunikationsprotokolls eine Kommunikation ermöglicht.

9. System gemäß Anspruch 8, bei dem der Haupttakt-



geber (86) und die Schaltungsanordnung für das paketi-  
sierte Netzkommunikationsprotokoll auf einer  
Schnittstellenkarte für das Computersystem (90) im-  
plementiert sind.

10. System, mit folgenden Merkmalen:

einem ersten Teilnetz, das einen Satz von ersten Kno-  
ten- (120-122) aufweist, die mit einer ersten Kommu-  
nikationsverbindung (110) gekoppelt sind, wobei jeder  
erste Knoten (120-122) einen Nebentaktgeber  
(140-142) aufweist, der einen Nebenzeitwert unter  
Verwendung eines Synchronisierungsprotokolls (100)  
in der ersten Kommunikationsverbindung (110) syn-  
chronisiert;

einem zweiten Teilnetz, das einen Satz von zweiten  
Knoten (130-132) aufweist, die mit einer zweiten  
Kommunikationsverbindung (112) gekoppelt sind, wo-  
bei jeder zweite Knoten (130-132) einen Nebentaktge-  
ber (150-152) aufweist, der einen Nebenzeitwert unter  
Verwendung des Synchronisierungsprotokolls (100) in  
der zweiten Kommunikationsverbindung (112) syn-  
chronisiert;

einer Verfolgbarzeitquelle (144), die einen verfolgba-  
ren Zeitwert erzeugt;

einem Hauptknoten (140), der mit der ersten Kommu-  
nikationsverbindung (110) gekoppelt ist, und der einen  
Haupttaktgeber (146) aufweist, der einen Hauptzeit-  
wert mit dem verfolgbaren Zeitwert synchronisiert,  
und der den Hauptzeitwert zu den Nebentaktgebern  
(140-142) über die erste Kommunikationsverbindung  
(110) unter Verwendung des Synchronisierungsproto-  
kolls (100) verteilt;

einem Grenzknoten (142), der mit der ersten Kommu-  
nikationsverbindung (110) gekoppelt ist und der einen  
Haupt/Neben-Taktgeber (152) aufweist, der sich mit  
dem Hauptzeitwert synchronisiert, der durch den  
Haupttaktgeber (146) unter Verwendung des Synchroni-  
sierungsprotokolls (100) in der ersten Kommunikati-  
onsverbindung (110) verteilt wird, und der den Haupt-  
zeitwert zu den Nebentaktgebern (150-152) des zwei-  
ten Teilnetzes über die zweite Kommunikationsverbin-  
dung (112) unter Verwendung des Synchronisierungs-  
protokolls verteilt.

11. System gemäß Anspruch 10, bei dem die Verfolg-  
barzeitquelle (144) in dem Hauptknoten (140) enthal-  
ten ist.

12. System gemäß Anspruch 10 oder 11, bei dem die  
Verfolgbarzeitquelle (144) ein GPS-Empfänger ist.

13. System, mit folgenden Merkmalen:

einem Hauptknoten (14), der mit einer Kommunikati-  
onsverbindung (12) gekoppelt ist, und der einen Haupt-  
taktgeber (18) aufweist, der einen Hauptzeitwert über  
die Kommunikationsverbindung (12) unter Verwen-  
dung eines Synchronisierungsprotokolls (100) verteilt;  
einem Satz von Knoten (20-22), die mit der Kommu-  
nikationsverbindung (12) gekoppelt sind, und die jeweils  
einen Nebentaktgeber (30-32) aufweisen, der einen  
Nebenzeitwert mit dem Hauptzeitwert unter Verwen-  
dung des Synchronisierungsprotokolls (100) synchro-  
nisiert, wobei einer oder mehrere der Knoten eine  
Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines phasenko-  
härenten, periodischen Signals als Antwort auf den Ne-  
benzeitwert aufweisen.

14. System gemäß Anspruch 13, bei dem das phasen-  
kohärente, periodische Signal für das Synchronisieren  
der Zeitvielfachzugriff-Kommunikation in der Kom-  
munikationsverbindung verwendet wird.

15. System gemäß Anspruch 13, bei dem das phasen-  
kohärente, periodische Signal für eine Zeitbasis bei der

Datenerfassung und -steuerung verwendet wird.

16. System gemäß Anspruch 13, das ferner eine Ver-  
folgbarzeitquelle (16) aufweist, die einen verfolgbaren  
Zeitwert derart erzeugt, daß der Haupttaktgeber (18)  
den Hauptzeitwert mit dem verfolgbaren Zeitwert syn-  
chronisiert.

17. Datenerfassungs- und Steuersystem (200) mit fol-  
genden Merkmalen:

einem Satz von Nebenkarten (210-213), die mit einer  
Rückwandleiterplatte (202) verbunden sind, wobei  
jede Nebenkarte (210-213) einen Nebentaktgeber zur  
Verwendung mit einem Synchronisierungsprotokoll  
(100) aufweist, das mindestens ein Zeitereignis und ei-  
nen Satz von Zusatzinformationen aufweist, der dem  
Zeitereignis zugeordnet ist;

einer Hauptkarte, die mit der Rückwandleiterplatte  
(202) verbunden ist und die einen Haupttaktgeber zur  
Verwendung mit dem Synchronisierungsprotokoll  
(200) aufweist;

einer Prioritätsverkettungskommunikationsverbindung  
zwischen der Hauptkarte und den Nebenkarten  
(210-213), derart, daß die Hauptkarte die Zeitereig-  
nisse zu den Nebenkarten (210-213) unter Verwen-  
dung der Prioritätsverkettungskommunikations-  
verbindung kommuniziert.

18. Datenerfassungs- und Steuersystem (200) gemäß  
Anspruch 17, bei dem die Hauptkarte die Zusatzinfor-  
mationen zu den Nebenkarten (210-213) unter Ver-  
wendung der Prioritätsverkettungskommunikations-  
verbindung kommuniziert.

19. Datenerfassungs- und Steuersystem (200) gemäß  
Anspruch 17, bei dem die Hauptkarte die Zusatzinfor-  
mationen zu den Nebenkarten (210-213) unter Ver-  
wendung eines Kommunikationswegs auf der Rück-  
wandleiterplatte (202) kommuniziert.

20. Datenerfassungs- und Steuersystem (200) gemäß  
Anspruch 17, bei dem die Hauptkarte mit einer Netz-  
kommunikationsverbindung gekoppelt ist, die mit ei-  
nem oder mehreren Knoten verbunden ist, wobei jeder  
derselben einen Nebentaktgeber derart aufweist, daß  
der Haupttaktgeber in der Hauptkarte das Zeitereignis  
und die Zusatzinformationen zu den Knoten über die  
Netzkommunikationsverbindung verteilt.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

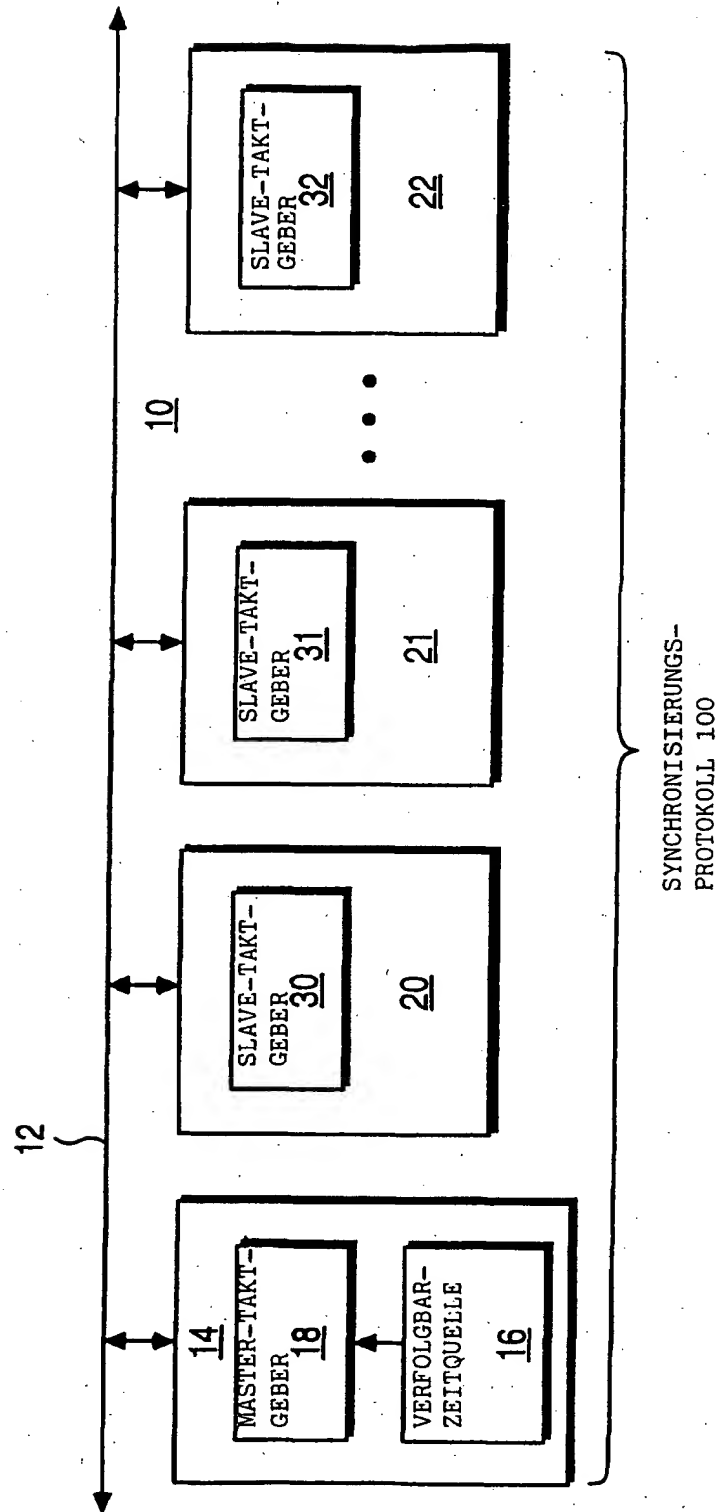


FIG. 2

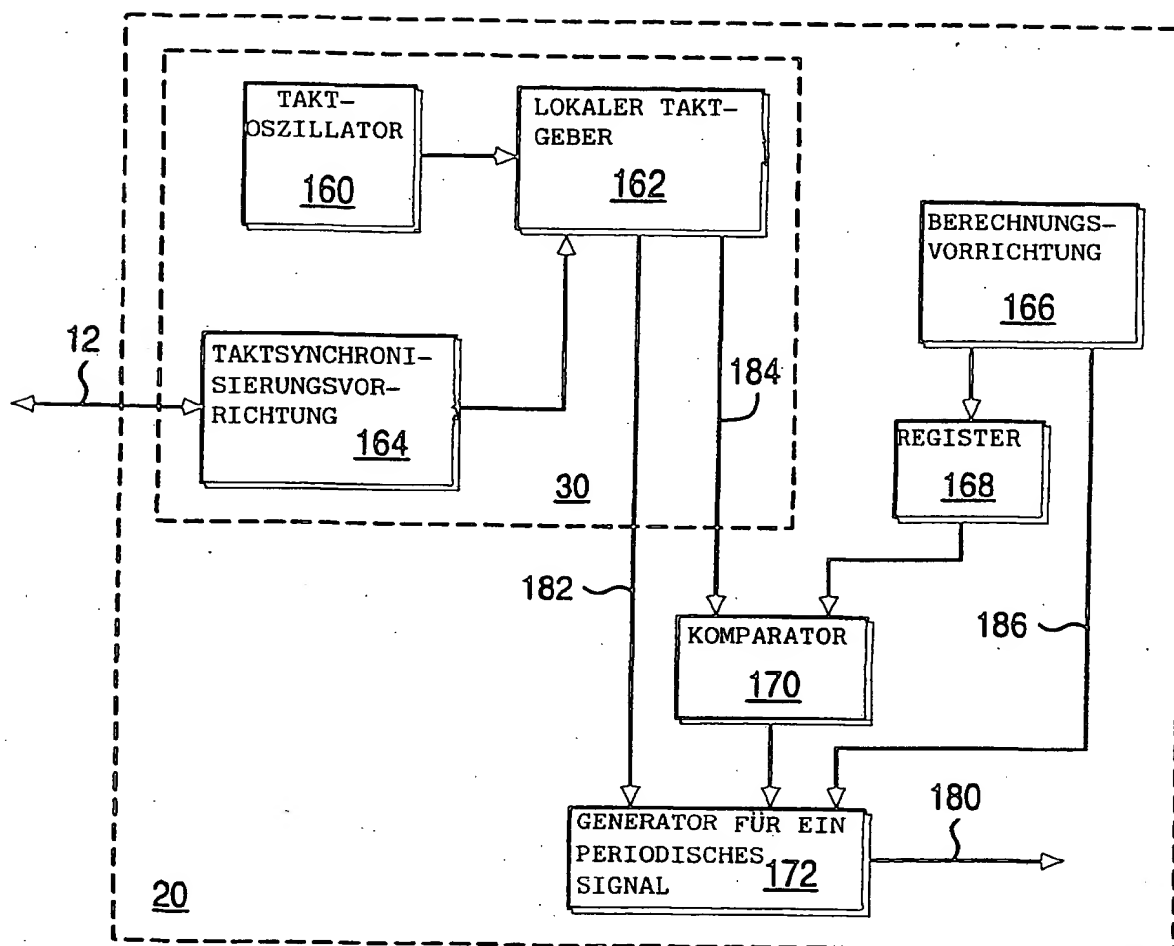


FIG. 3

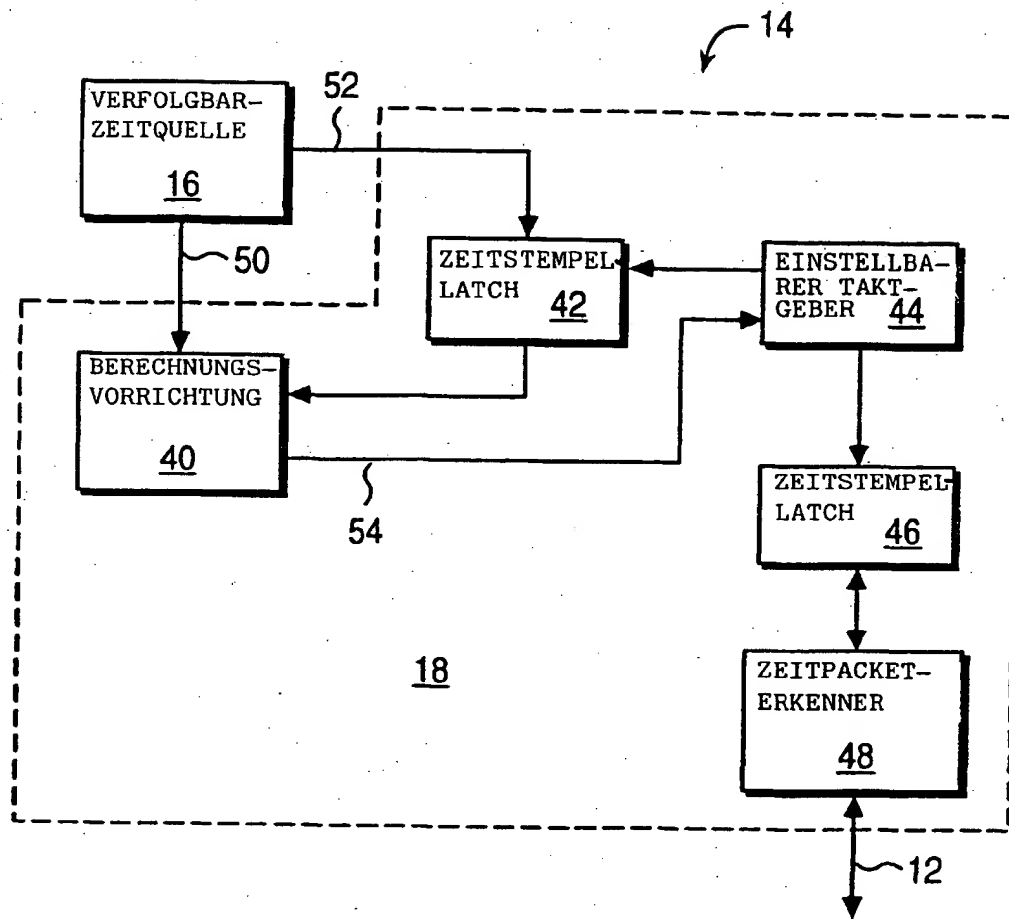


FIG. 4

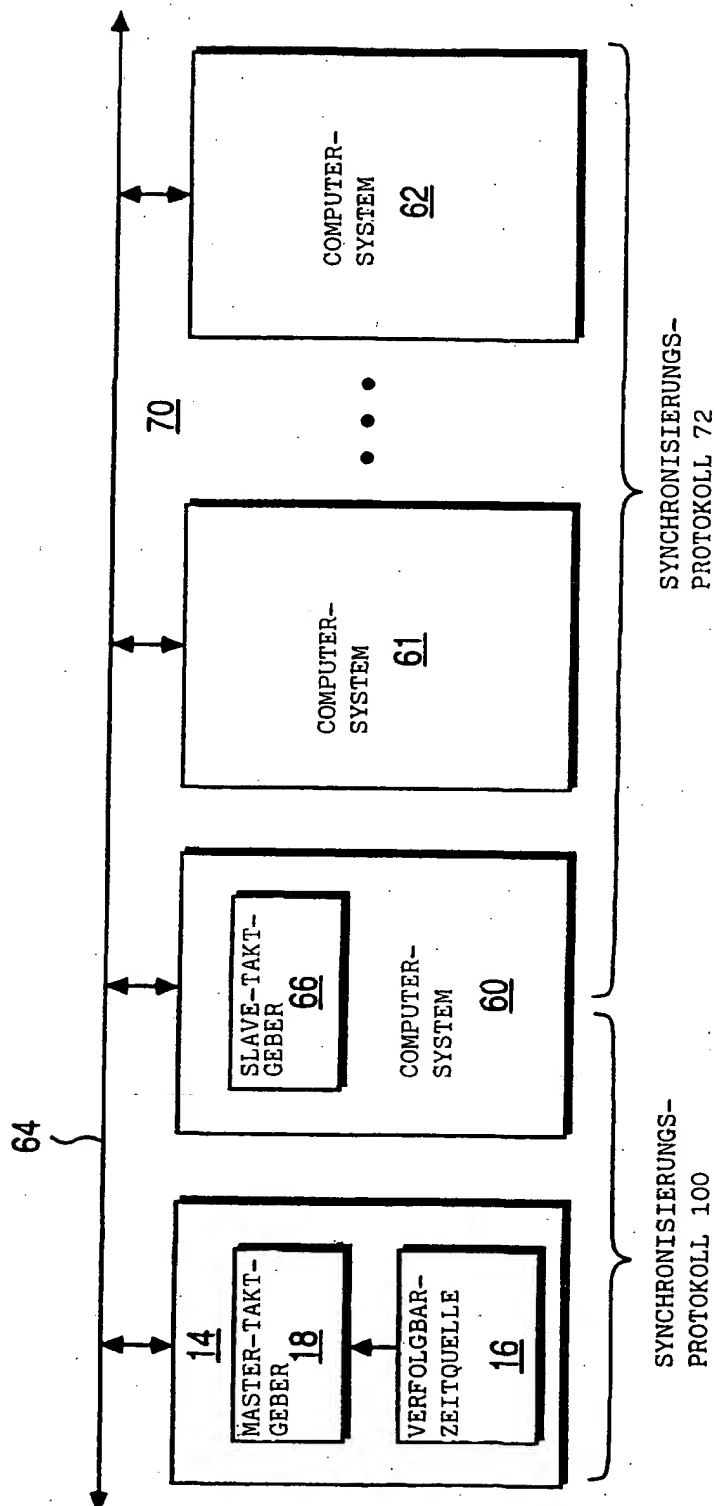
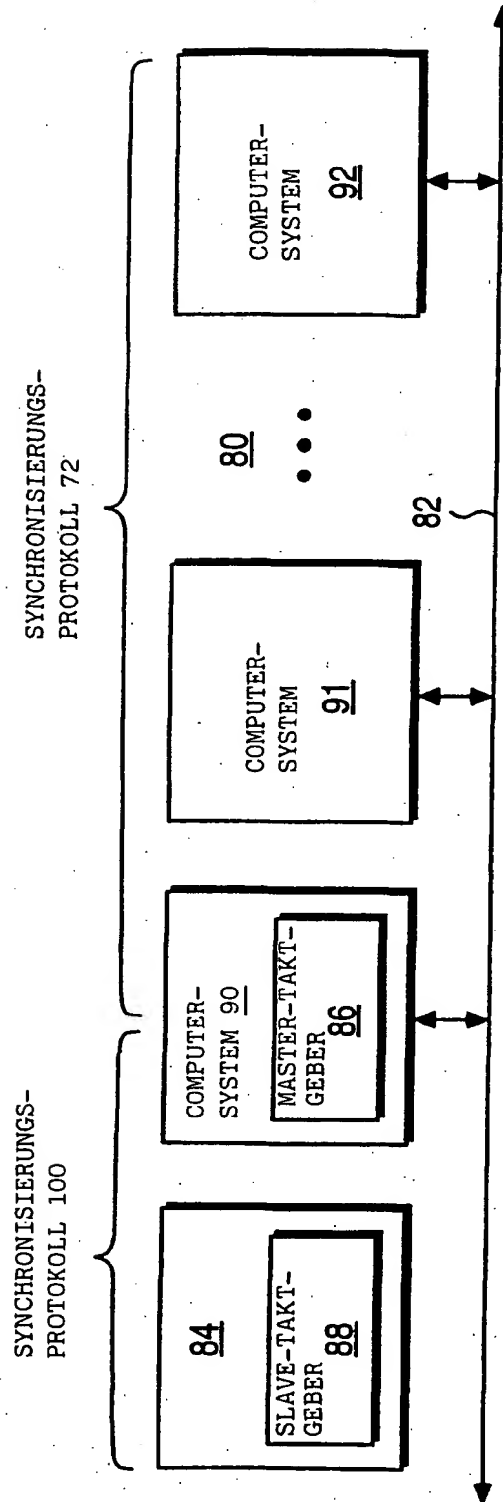


FIG. 5





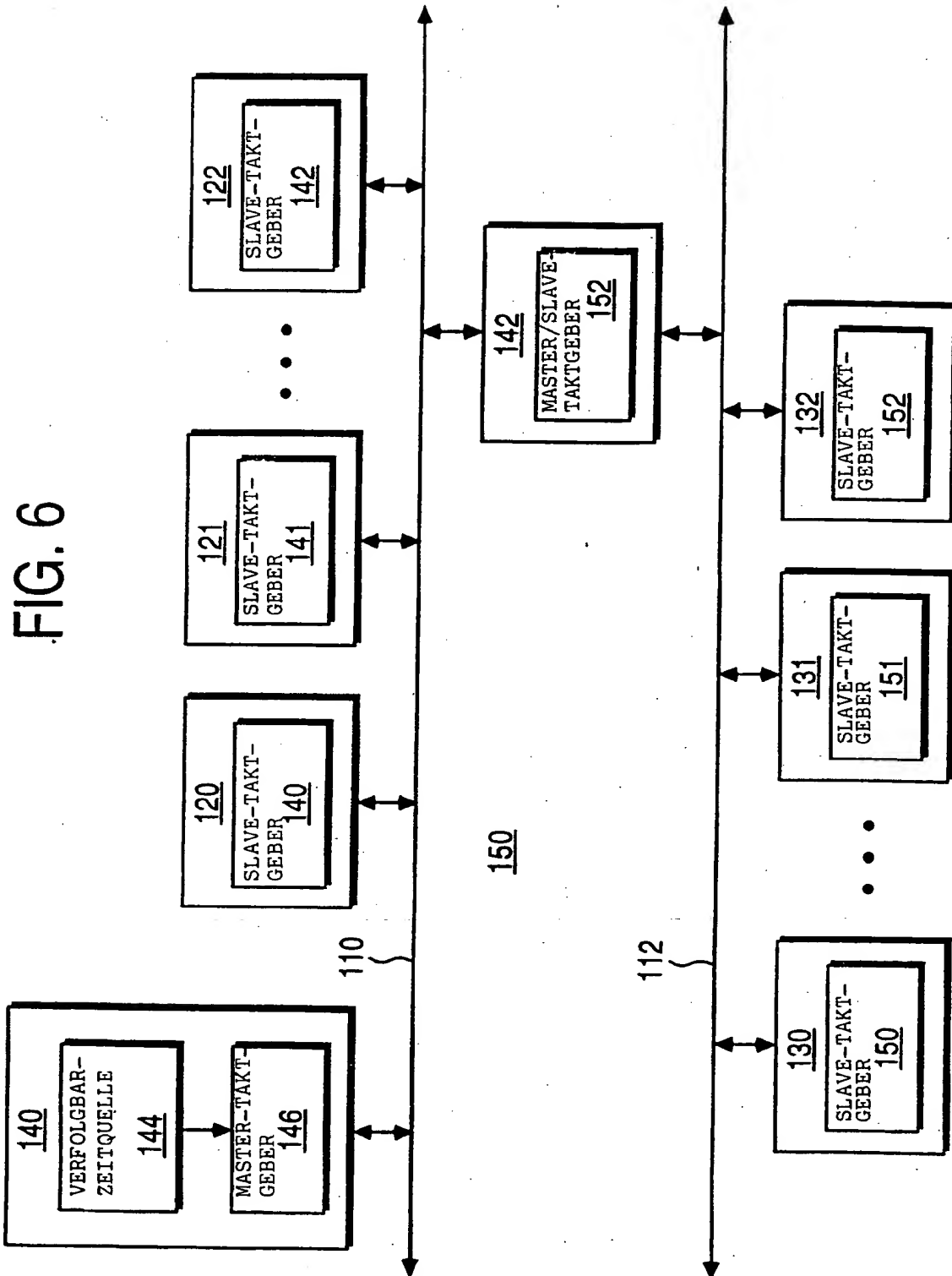


FIG. 7

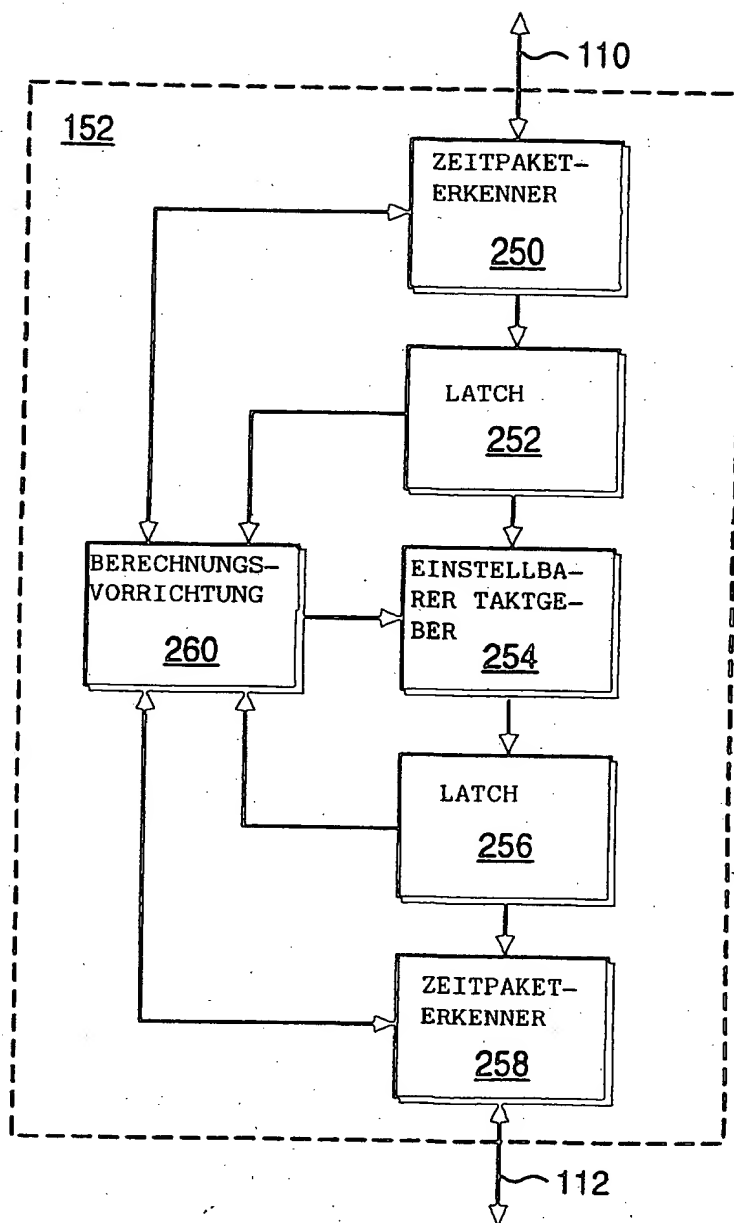


FIG. 8

